IDENTIFICAÇÃO DE DEPRESSÕES CÁRSTICAS NA REGIÃO DE IRAQUARA (BAHIA) A PARTIR DE MODELO DIGITAL DE TERRENO

Saulo Cavalcante Miranda FARIA [1]
Osmar Abílio de CARVALHO JÚNIOR [2]
Renato Fontes GUIMARÃES [3]
Verônica Moreira RAMOS [4]
Mylène Berbert-BORN [5]

RESUMO

A maioria dos terrenos cársticos caracteriza-se por uma topografia fortemente irregular, resultante dos processos de dissolução que atuam sobre rochas carbonáticas. Na medida em que uma trama de espaços subterrâneos é progressivamente organizada, condicionada por estruturas pre-existentes na rocha (acamamento, conjuntos de fraturas, falhas e outras peculiaridades do seu arranjo estratigráfico e estrutural), materiais superficiais inconsolidados são transportados para a subsuperfície. Essa dinâmica de movimentação de materiais pode ocorrer lentamente ou segundo fenômenos bruscos, vinculados à atividade pluvial e fluvial. Como resultado, formam-se na superfície formas peculiares tais como conjuntos de depressões (dolinas, uvalas e poljés), escarpas, vales cegos, morros residuais e torres, entre outras. Essas feições em geral apresentam organização e morfologia de alguma forma coincidentes com aquelas estruturas geológicas que facilitaram a ação dissolutiva. Assim, são comuns alinhamentos de feições do relevo superficial e associações entre diferentes componentes geomorfológicos. Há, portanto, uma forte correlação entre o relevo superficial, a trama de vazios subterrâneos (cavidades naturais ou cavernas), e a estruturação, composição e arranjo espacial das unidades litológicas. A região cárstica de Iraquara, centro do estado da Bahia, é um exemplo típico dessa situação, tendo como peculiaridade a ocorrência de depressões e áreas rebaixadas que interceptam condutos de cavernas e até mesmo o lençol freático. O presente trabalho traz um ensaio metodológico para a identificação dessas depressões ou conjuntos de depressões do relevo a partir de modelagem matemática. Por conseguinte, outras feições que podem estar associadas a elas, como aberturas de cavernas, sumidouros e ressurgências de drenagens, passam a ser objeto de identificação indireta, com efetiva otimização dos trabalhos de prospecção em campo. O ensaio ora realizado permitiu uma correlação entre a distribuição geográfica das depressões cársticas e as cavernas até então conhecidas na região. A metodologia consistiu na utilização da modelagem matemática, que vem se consolidando como ferramenta essencial nos estudos geomorfológicos. Foram realizadas as seguintes etapas: (a) correção das cartas digitais na escala 1:100.000; (b) elaboração do modelo digital de terreno (MDT) pelo método Topogrid utilizando curvas de nível, pontos de altimetria e drenagem hidrográfica; (c) emprego de um algoritmo para o nivelamento da superfície com a retirada das áreas de depressão, (d) realização da subtração do MDT original pelo MDT nivelado; e (e) individualização das depressões, finalizando com a indicação de áreas com potencial para ocorrência de cavernas até então desconhecidas.

1 Universidade de Brasília, saulocmf@yahoo.com.br
2 Universidade de Brasília, Professor Doutor, Pesquisador do CNPq, osmarjr@unb.br
3 Universidade de Brasília, Professor Doutor, Pesquisador do CNPq, renatofg@unb.br
4 Universidade de Brasília, Professora Mestre, vmramos@unb.br
5 Serviço Geológico do Brasil – CPRM, berbert@terra.com.br

INTRODUÇÃO

Ambientes cársticos formam-se em regiões onde ocorrem rochas carbonáticas, as quais sofrem dissolução por águas intempéricas naturalmente acidificadas. A atividade da água conduz a abertura de espaços subterrâneos que podem se transformar em expressivos canais de drenagem, passando a ser coletores também de sedimentos clásticos e orgânicos provenientes da superfície. A dinâmica da água e da movimentação de sedimentos entre os compartimentos superficiais e subterrâneos pode ter um caráter cíclico, sendo determinado pelas condições climáticas vigentes. Daí a importância paleoclimática dos materiais e formas que compõem esse tipo de ambiente.

Além do clima, a litologia é outro fator determinante na configuração geomorfológica peculiar do carste. Considerando-se sua composição química/mineralógica, estruturas primárias e tectônicas e a sua organização estratigráfica. A estruturação da rocha matriz condiciona direções de galerias subterrâneas e escarpamentos, bem como o alinhamento de diferentes feições ao longo de direções definidas.

Beato *et. al.* (1992) e Berbert-Born *et. al.* (1998) demonstraram que na região cárstica de Lagoa Santa, Minas Gerais, as cavernas apresentam maior frequência, extensão e volumes de suas galerias em direções coincidentes com famílias de fraturas definidas, sendo particularmente expressivas nas direções N-S e E-W, esta última correspondendo ao conjunto de fraturas extensionais do contexto tectônico regional. Nessa mesma região, como também ocorre na região de Iraquara, Bahia, as aberturas (entradas) das cavernas encontram-se frequentemente associadas a dolinas ou junto aos escarpamentos calcários. Logo, por associação, a identificação das feições maiores do relevo, de mais fácil visualização, permite a indicação de pontos onde há maior probabilidade de existirem cavernas aflorantes.

A modelagem matemática vem se consolidando como uma ferramenta poderosa nos estudos geomorfológicos, particularmente com os Modelos Digitais de Terreno. O emprego da modelagem matemática associada às técnicas de geoprocessamento pode facilitar sobremaneira a identificação e análise das feições peculiares do relevo cárstico, de forma a auxiliar inclusive na predição de áreas favoráveis à ocorrência de cavidades subterrâneas.

O presente trabalho explora essas técnicas, centrando-se na identificação de depressões cársticas tais como dolinas, uvalas, vales cársticos e poljés existentes no município de Iraquara e adjacências. Nessas localidades residem alguns dos mais expressivos e importantes exemplares de destaque do patrimônio espeleológico brasileiro, citando-se as grutas Torrinha, Lapa Doce, Pratinha, Azul, dentre outras.

O propósito maior foi o de desenvolver uma metodologia visando facilitar e automatizar os estudos cársticos preliminares, de modo a permitir a priorização de áreas de particular interesse e, consequentemente, a otimização do planejamento de campo. Acredita-se que a prospecção espeleológica possa ser particularmente beneficiada por essa metodologia, bem como as ações visando a identificação de áreas de risco geotécnico em áreas urbanas e obras de engenharia.

ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo está situada na região central do estado da Bahia, inserida no contexto da Chapada Diamantina, abrangendo grande parte do município de Iraquara e parte de seus vizinhos Seabra, a sudoeste, Palmeiras, a sul, e Souto Soares, a norte (Figura 1). A Chapada, que abrigou os primeiros bandeirantes que exploravam riquezas minerais, possui raras e belas paisagens, arquitetura natural deslumbrante, e enorme potencial de recursos naturais. Isso a torna um dos patrimônios naturais mais importantes do país, em quesitos científicos, ecológicos e econômicos.

Clima

Por estar localizada em latitude tropical, a região da chapada apresenta basicamente duas estações bem definidas: uma estação chuvosa e outra com sensível redução da pluviosidade. Além disso, a área é influenciada por outros condicionantes climáticos de escala local, como a influência das altitudes locais, a compartimentação geomorfológica, que condiciona a umidade atmosférica, e a própria cobertura vegetal.

As temperaturas variam entre 12° e 28°C dependendo da altitude local e do período do ano (Jesus *et al.* 1985). As isoietas anuais de pluviosidade variam entre 600 mm em municípios como Itaçu e Brumado, até acima de 1.000 mm como em Lençóis e Andaraí. O Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (Ibge, 2002) qualifica o clima da região como quente úmido e quente semi-úmido com 1 a 5 meses secos.

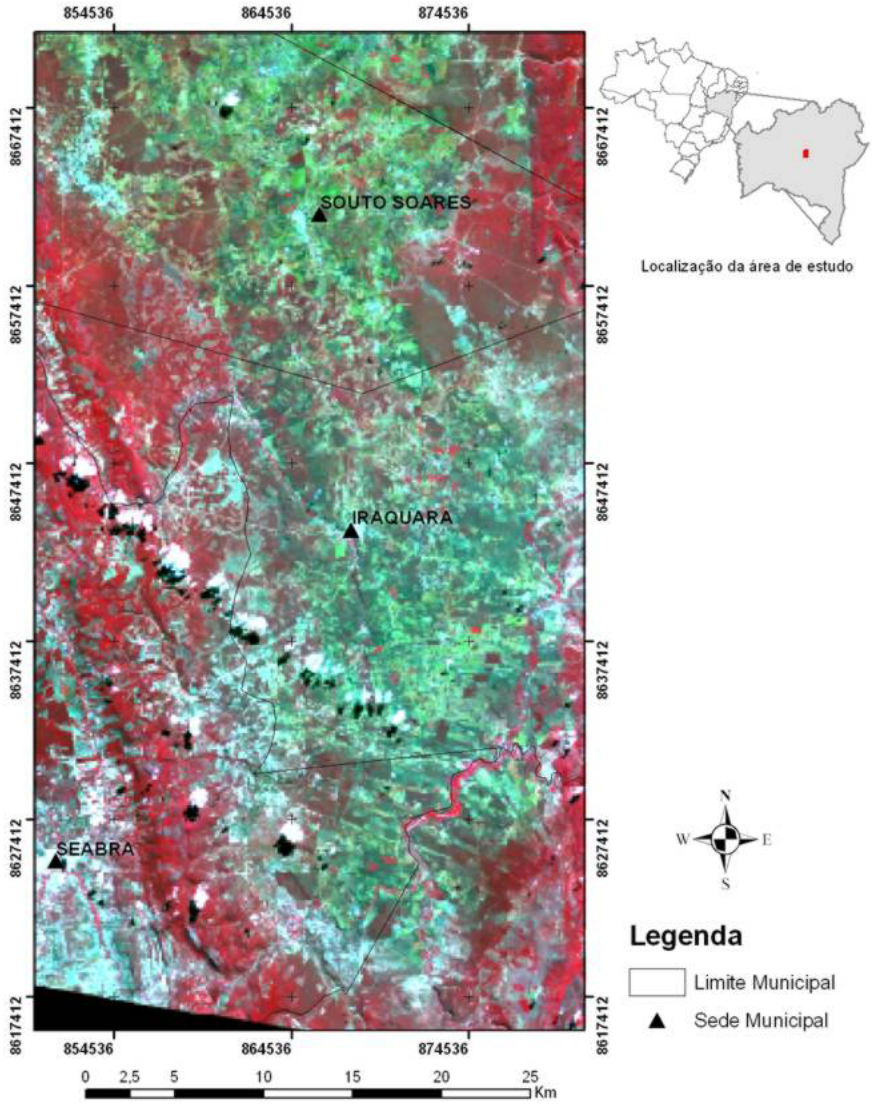


Figura 1. Mapa de Localização da área de estudo. Região Central do estado da Bahia, abrangendo os municípios de Iraquara, Souto Soares, Seabra e Palmeiras.

De acordo com o Plano Diretor de Recursos Hídricos da Bacia dos Rios Verde e Jacaré de 1995, no estado da Bahia é evidente a diversidade na distribuição mensal das chuvas e, no caso específico da área do estudo, tal fato se deve principalmente em conseqüência da atuação dos dois sistemas meteorológicos fundamentais: a Zona de Convergência (ZCIT) e a Frente Polar Atlântica (FPA).

Solos

De acordo com Jesus *et al.* (1985), existem três tipos predominantes de solos na região da Chapada Diamantina: latossolos, litossolos e cambissolos. Na área de estudo predominam os cambissolos, associados às formações calcarias. Esse é um tipo de solo considerado privilegiado na região, pois apresenta boas características físico-químicas, como porosidade e permeabilidade alta, aeração e riqueza de nutrientes. Estão situados em relevos planos e levemente ondulados, o que diminui os riscos de erosão.

Geologia e geomorfologia

A área de estudo está dentro do contexto da cobertura neoproterozóica do Grupo Una que se extende nas bacias de Utinga e Irecê na Chapada Diamantina, no centro do Cráton do São Francisco. O Grupo Una provavelmente formava uma ampla plataforma carbonática sobre os sedimentos paleo e mesoproterozóicos do Supergrupo Espinhaço e parcialmente sobre o embasamento Paleoproterozóico, ao lado leste do rifte do Paramirim (Misi, 2001). Os diferentes tipos de rochas caraterizam fácies associadas à sedimentação carbonática em zonas de mar raso até talude de plataforma continental (Dominguez,1996; Souza et al., 1993). Esse grupo é cronocorrelato ao Grupo Bambuí na Faixa de Dobramentos Brasília, havendo inclusive correlações estratigráficas entre eles (Misi & Veizer, 1998; Torquato & Misi, 1977). O Grupo Una apresenta duas formações: Bebedouro (conjunto glaciogênico composto por diamictitos, grauvacas e arenitos líticos) e Salitre depositada em discordância angular e erosiva sobre a formação Bebedouro (deposição de várias litofácies carbonáticas com intercalações pelíticas) (Misi, 1979).

Na localidade da área estudada, predominam os calcários da Formação Salitre, composta por uma seqüência de rochas carbonáticas que compreende um extenso planalto, com aproximadamente 30 mil metros quadrados, onde suas bordas contrastam com as serras e mesetas do Supergrupo Espinhaço. A Bacia sedimentar de Irecê é formada predominantemente por calcitutitos, calcarenitos oolíticos a pisolíticos em algumas áreas, bem como por calcários dolomíticos e dolomitos, descritos como doloarenito e dololutitos. (Laureano &Cruz Jr., 1999) (Figura 2).

Misi (1979) subdivide a formação salitre em cinco unidade informais (do topo para a base): (I) unidade A1 (calcários negros ricos em matéria orgânica, geralmente oolíticos ou pisolítico, com estruturas sedimentares indicativas de formação em zonas de alta energia - estratos cruzados, marcas de onda, entre outros; (II) unidade A (margas, argilitos e siltitos, principalmente expostos na borda oeste da bacia); (III) unidade B1 (dolarenitos, dololutitos de cor cinza clara, freqüentemente com laminações estromatolíticas ou com estromatolitos colunares com 15 centímetro de altura); (IV) unidade B (calcários e calcários dolomíticos laminados - ritmitos, com intercalações de níveis argilosos, milimétricos a centimétricos); e (V) Unidade C (dolomitos róseos a vermelho ou esverdeados, argilosos).

Posteriormente, Souza et al. (1993) identificaram três unidades estratigráficas na Formação Salitre: Nova América (calcissititos, laminitos algais dolomitos e brechas), Jussara (calcilutitos, calcissiltitos, calcarenitos e arenitos arcoseanos) e Irecê (alternância de níveis centimétricos carbonáticos e terígenos). As características paleoambientais demonstram a existência de quatro ciclos de deposição: o primeiro e o terceiro regressivo e o segundo e o quarto transgressivo.

A geomorfologia da região de Iraquara é caracterizado por um típico relevo cárstico, sendo muito comuns dolinamentos e cavernas. A drenagem da região é caracterizada por vales bem encaixados, com vertentes escarpadas segundo desníveis que vão além de 40 metros de profundidade em alguns casos. Estes muitas vezes acabam formando vales cegos, evidenciando a captura subterrânea da drenagem. O rio principal rio da região, o Santo Antônio, importante afluente do Rio Paraguaçu, constitui a principal drenagem da área, sendo o nível de base hidrológico local, para onde confluem as drenagens provenientes das

serras areníticas e os fluxos de água subterrânea. Em suas margens, ao longo do planalto cárstico, existe um considerável número de surgências ou nascentes cársticas (Laureano & Cruz Jr., 1999).

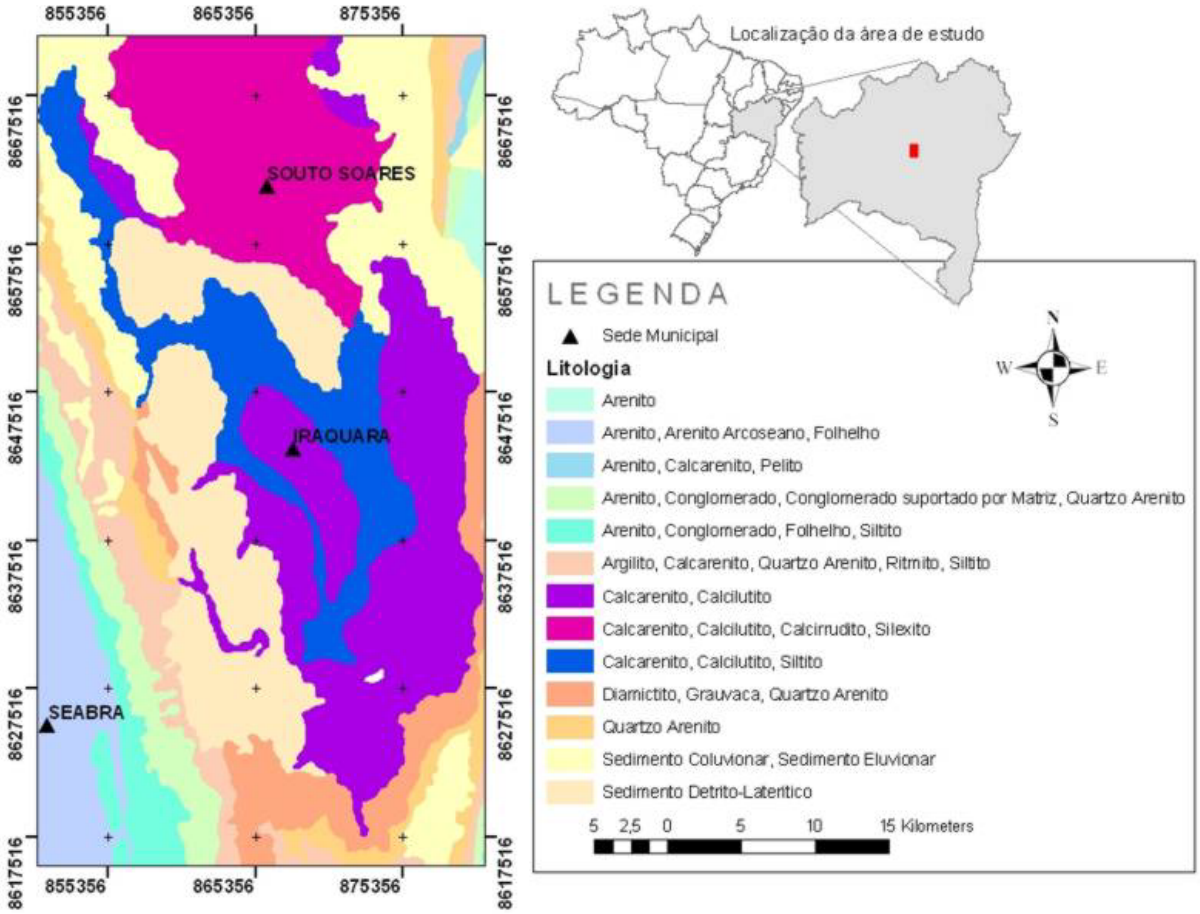


Figura 2. Mapa geológico da área de estudo. Os relevos calcários estão destacados em tons escuros, enquanto as outras estão em tons pastéis. Fonte: Mapa Geológico Brasil, 2001 – CPRM.

Segundo Laureano & Cruz Jr. (1999) as feições cársticas locais consistem desde dolinas simples com poucos metros de diâmetro, a uvalas que podem chegar a mais de 1 km de extensão. As cavernas da região, na maioria dos casos, podem ser acessadas através das dolinas de abatimento, que por sua vez apresentam-se, muitas vezes, segundo padrões de alinhamento (Figura 3).

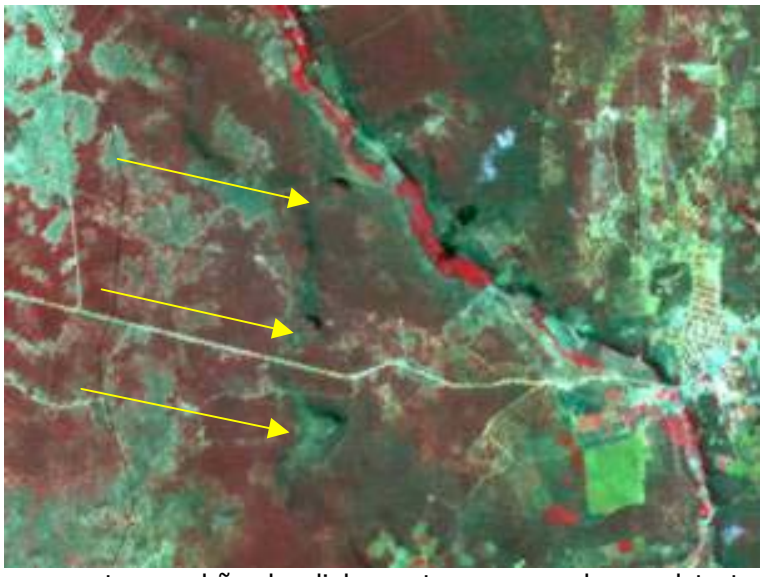
Salienta-se que a análise realizada nesse trabalho focou apenas as áreas de rochas carbonáticas; portanto, foram desconsideradas as depressões presentes em outros tipos litológicos (parte oeste/sudoeste da área), que provavelmente resultam de outros processos que não os efetivamente cársticos.

METODOLOGIA

Para a área de estudo, foi delineado um quadrilátero abrangendo grande parte do município de Iraquara e boa parte de Seabra, Palmeiras e Souto Soares. Essa área situa-se na região central do estado da Bahia e na porção centro norte da Chapada Diamantina. Tal delimitação foi feita com auxílio da análise visual de imagem ASTER.

Tendo sido delineado os limites da área de interesse, a etapa seguinte foi a correção das cartas topográficas digitais, de escala 1:100.000, adquiridas na Companhia de Desenvolvimento do Vale do Rio São Francisco e Parnaíba (CODEVASF). Foram corrigidas as curvas de nível, os pontos cotados de altimetria e a direção de fluxo da drenagem. Após

a verificação e correção, esses dados foram utilizados como entrada para a elaboração do Modelo Digital de Terreno (MDT), a partir do módulo *Topogrid* do software *Arcinfo* (Figura 4). Esse módulo usa uma técnica de interpolação de diferenças finitas, aliando a eficiência de uma interpolação local, como o método do Inverso do Quadrado da Distância, com métodos de interpolação global. Esse método foi originalmente definido para confeccionar um MDTI voltado para a hidrologia. Nesse módulo pode ser usado, além dos dados digitais de elevação, dados digitais de drenagem e corpos d'água como lagoas e lagos, entre outros, que podem levar a uma melhoria significativa do modelo, uma vez que produz um sensível aumento na sua precisão (Esri, 1993).



Figuras 3. Dolinas apresentam padrão de alinhamento, como pode ser detectado visualmente em imagem *ASTER*.

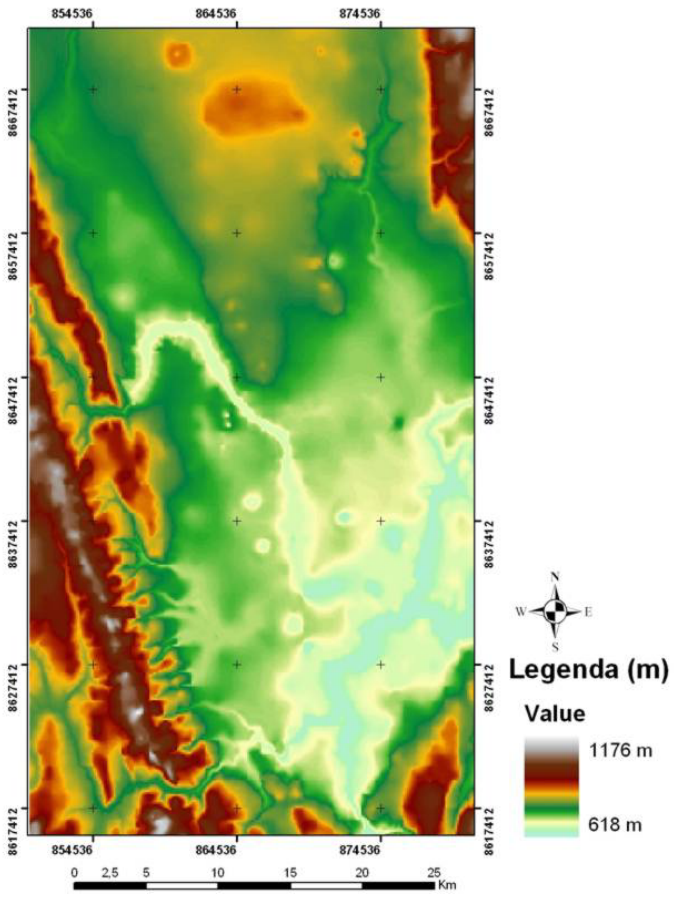


Figura 4. Representação colorida do Modelo Digita de Terreno (MDT) original.

Considerando que por convenção cartográfica, um ponto de menor detalhe possível em uma carta topográfica, corresponde a 1/5 (um quinto) de um milímetro, o ponto mínimo de uma carta com escala 1:100.000 é igual a um 1/5 dessa escala, ou seja, 20.000 centímetros ou 20 metros. Dessa forma, foi escolhido o valor para o tamanho do pixel do MDT a ser gerado. Posteriormente, com o MDT gerado foi utilizado um algoritmo específico (*Fill sinks)*, que opera em ambiente *ArcView,* preenchendo as áreas depressivas (*sinks*), que julga serem pixels com direção de fluxo de drenagem indefinido, resultando em um nivelamento da superfície de drenagem do MDT (Esri, 1993).

Tarboton et al. (1991) classifica essas áreas depressivas como *pits,* e as define como um ou vários pontos que apresenta ao redor pontos de elevação maior. Tal autor afirma ainda que os *pits* ocorrem freqüentemente em MDTs devido a erros em dados de entrada ou interpolação. Entretanto, Mark (1888) *apud* Tarboton et al. (1991), coloca que em escalas horizontais de 10 metros ou mais, são raras as ocorrências de *pits*, ou depressões fechadas, na topografia natural da Terra, ficando restritas a ambientes geomórficos especiais como os glaciais e os carstes. Com esse pressuposto espera-se que o Fill sinks detecte as depressões, (*pits* ou *sinks*) presentes no MDT, que possam inclusive estar relacionadas às cavernas da região analisada.

Como resultado desse preenchimento, ou remoção de depressões, é obtido outro MDT aqui chamado de "preenchido". Procede-se então a subtração do MDT original pelo MDT preenchido, obtendo-se um terceiro MDT (Figura 5), que apresenta apenas as depressões que preenchidas anteriormente pelo algoritmo *Fill sinks*.

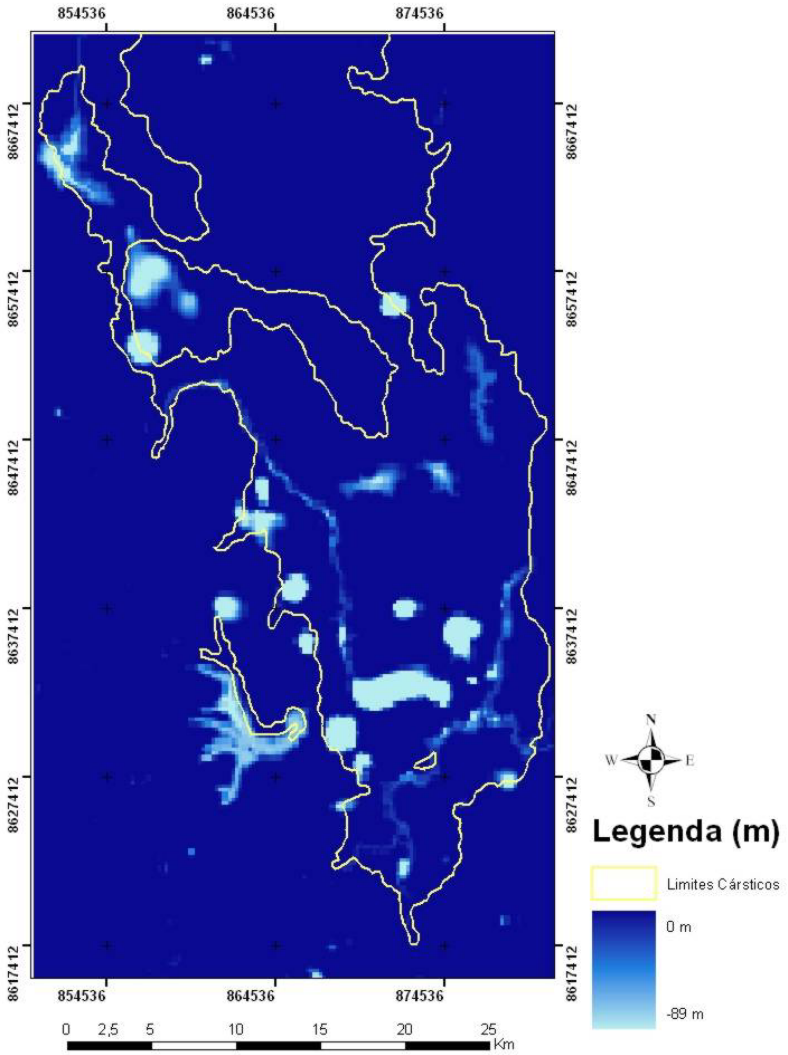


Figura 5. MDT final, resultante da subtração do MDT original pelo MDT preenchido, destaca apenas as áreas depressivas da região de estudo.

Essas depressões foram comparadas com os pontos de coordenadas de cavernas, já conhecidas na região, coletados anteriormente pelo Grupo Bambuí de Pesquisas Espeleológicas, no intuito de se verificar a relação da sua ocorrência com as depressões destacadas pelos MDTs. A Figura 6 apresenta um fluxograma da metodologia proposta.

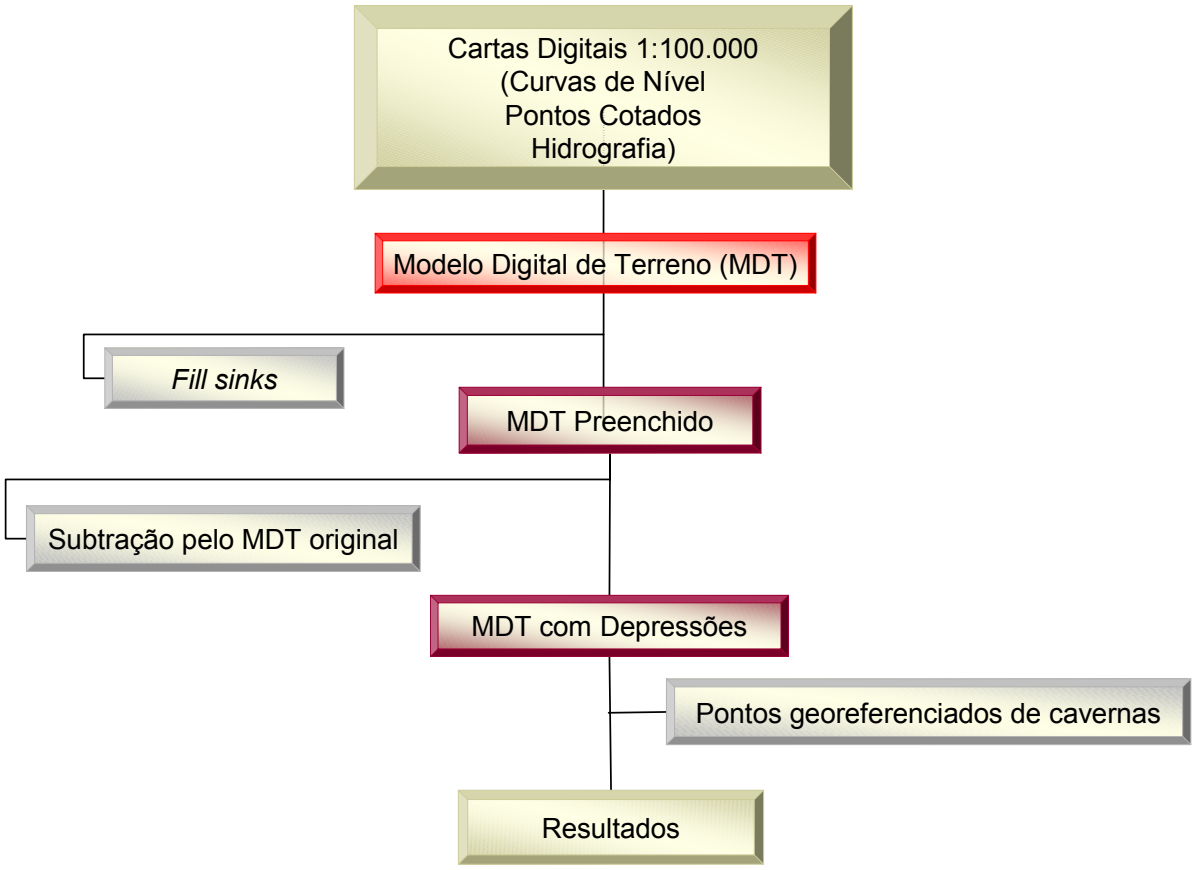


Figura 6. Fluxograma da metodologia para identificação de áreas deprimidas a partir de operações com o MDT.

RESULTADOS

Por meio da metodologia adotada constatou-se que a subtração dos MDTs destacou áreas depressivas que em determinadas localidades coincidem com a presença de depressões e de aglomerações de cavernas, especificamente a porção centro/sudeste da área (Figura 7).

A Figura 8 mostra em detalhe que várias cavernas se posicionaram no interior ou proximidades das depressões. É importante destacar que, devido à escala de trabalho (1:100.000) e ao método de interpolação de dados de altimetria e drenagem, o MDT não pode delinear exatamente os limites das dolinas, restringindo-se à representação de suas formas e disposição no relevo.

Considerando que as cavernas conhecidas concentram-se dominantemente em uma das subunidades carbonáticas (calcarenitos e calcilutitos, Figura 9) conhecida como Nova América, algumas áreas deprimidas detectadas nesta – e somente nesta subunidade – passaram a ser consideradas áreas potenciais à descoberta de cavernas ainda desconhecidas; essas áreas podem ser consideradas prioritárias em futuros trabalhos de espeleologia prospectiva (Figura 10).

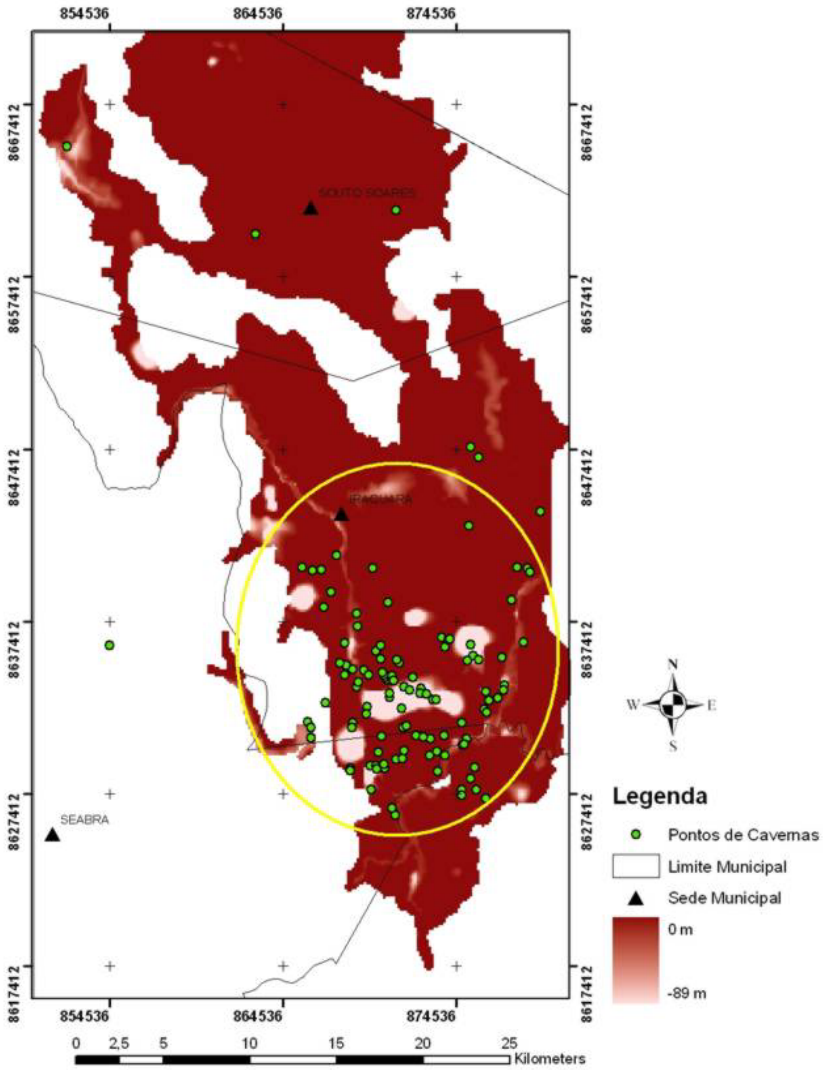


Figura 7. As concentrações das depressões cársticas e dos pontos de cavernas apresentaram-se de forma coincidente.

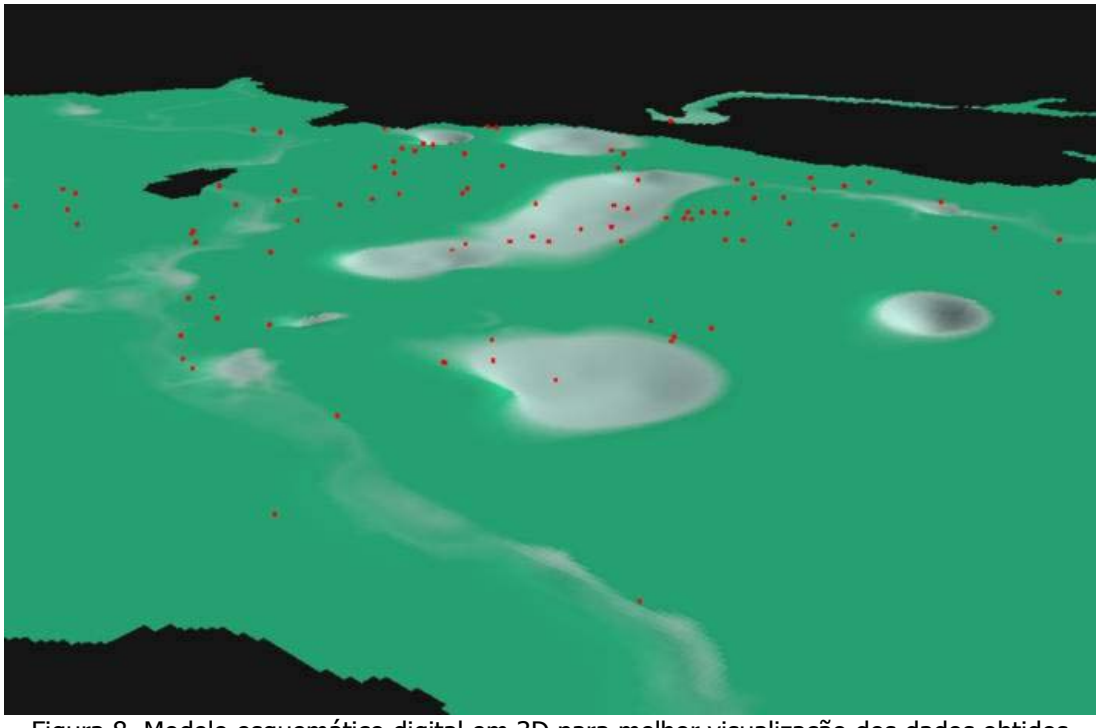


Figura 8. Modelo esquemático digital em 3D para melhor visualização dos dados obtidos.

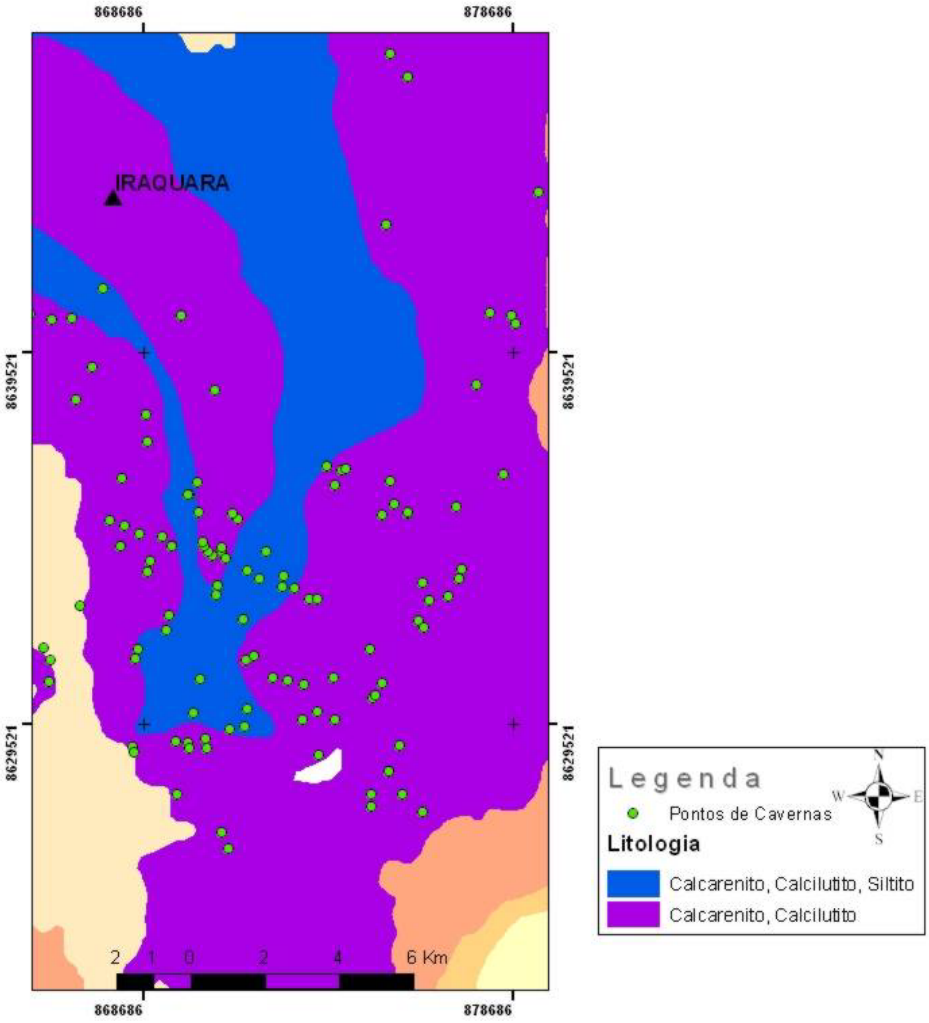


Figura 9. Nota-se que o maior número de ocorrências se dá nas áreas de Calcarenitos e Calcilutitos (Unidade Nova América) e secundariamente onde se tem a presença de Siltito (Unidade Jussara Médio e Inferior).

DISCUSSÃO DOS RESULTADOS E CONCLUSÃO

Devido a sua alta resolução espacial, as imagens ASTER auxiliaram bastante a definição de uma área de interesse para a aplicação da metodologia aqui apresentada. A partir disso, utilizando-se dados de curvas de nível, pontos de altimetria e drenagem, foi gerado o MDT que possibilitou destacar áreas de relevo deprimido. Embora tenha se verificado uma correlação genérica entre as depressões diagnositicadas pelo método e a ocorrência de cavernas, a nível de macro situação geográfica, é fundamental que essa análise também considere outros tipos de dados, como por exemplo uma geologia de detalhe e análises espectrais. A verificação em campo daquelas áreas indicadas pelo método como promissoras às correlações entre diferentes feições do relevo é o passo seguinte a ser dado.

Outro quesito que poderia agregar resultados ainda mais detalhados à esta pesquisa seria o uso de cartas digitais de escala maior, como 1:50.000 e 1:25.000. Com isso poderiam ser gerados MDTs com pixels ainda menores, captando com mais fidelidade as formas e feições cársticas do relevo local. É importante também que as cartas digitais que servem de base de entrada de dados, sejam produzidas de forma mais fidedigna possível com o terreno real. Cotas altimétricas ou drenagens imprecisas podem influenciar bastante nos resultados.

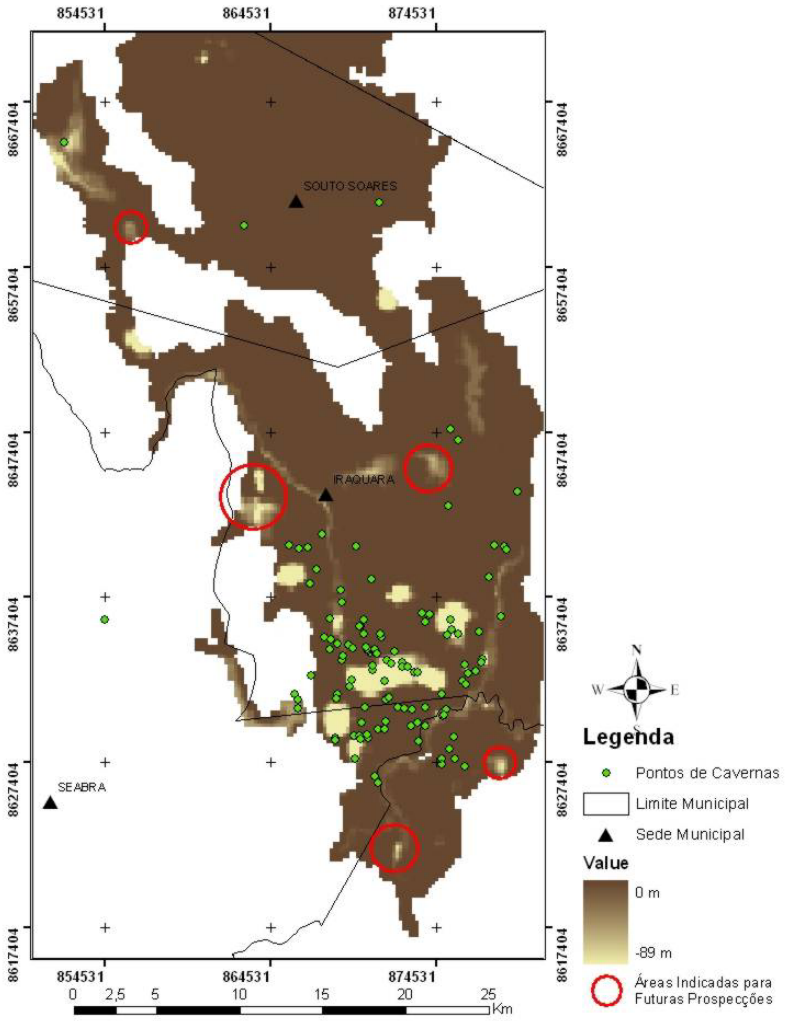


Figura 10. Conforme o modelo digital sugere, há ainda depressões situadas sobre terrenos calcários com potencial relevância espeleológica, demonstradas com círculos.

Tendo em vista tais considerações, a metodologia adotada se mostrou promissora quando aplicada em áreas de relevo cárstico expressivo, tal como a região de Iraquara, respeitando-se as peculiaridades próprias a cada uma. Trata-se, pois, de uma nova perspectiva de trabalho, moderna e prática na espacialização e visualização das feições cársticas e de suas relações mútuas.

Mesmo se tratando de um estudo preliminar, a metodologia desenvolvida constitui-se em uma nova proposta para a detecção de áreas de depressões cársticas em regiões com características peculiares de grande porte. Cabe também lembrar que cada região cárstica tem suas próprias peculiaridades e, conseqüentemente, sua própria dinâmica e feições.

Com isso lembramos que os estudos aqui apresentados apontam para uma nova perspectiva de analise do relevo cárstico e suas feições, o que de forma alguma substitui ou dispensa outros tipo de análise igualmente importantes para o estudo completo do assunto. Essa nova perspectiva vem adicionar e contribuir para os estudos desse tipo de relevo, apresentando uma forma moderna e prática de espacialização e visualização de dados necessários para a identificação de possíveis locais de ocorrência de feições cársticas. Sugere-se finalmente que, por existirem áreas que não registraram nenhum ponto de caverna, estejam passíveis de novas ocorrências de cavidades subterrâneas, dado que aberturas de cavernas estão muitas vezes a depressões típicas do relevo cárstico. Neste sentido, novas análises devem ser desenvolvidas objetivando a complementação deste estudo com outros parâmetros como o refinamento da escala das cartas topograficas, e a prospecção em campo para áreas sugeridas como passíveis de relevância espeleológica.

REFERÊNCIAS

BAHIA. Secretaria de Recursos Hídricos, Saneamento e Habitação do Estado da Bahia. **Plano Diretor de Recursos Hídricos Bacia dos Rios Verde e Jacaré - Margem direita do lago de sobradinho.** Volume XIV Documento Síntese - Abril/95. Disponível em: <http://www.hidricos.mg.gov.br/> Acesso em: 14 de junho de 2005.

BEATO, D., BERBERT, M.L.C; DANDERFER, A. Avaliação preliminar do Carste de Sete Lagoas-Lagoa Santa e riscos ao meio ambiente antrópico – Projeto Vida. In: SIMP DA SITUAÇÃO AMBIENTAL E QUALIDADE DE VIDA NA REGIÃO METROPOLITANA DE BEOLO HORIZONTE E MINAS GERAIS, 2, 1992, Belo Horizonte. **Anais...** Belo Horizonte: ABGE, 1992. p. 56-59.

BERBERT-BORN, M.L.C; HORTA, L.C.S.; DUTRA, G.M. APA Carste de Lagoa Santa – Patrimônio espeleológico, histórico e cultural (vol. III). Espeleologia. In: Souza, H.A. (coord.). **Zoneamento Ambiental da APA Carste de Lagoa Santa**. Belo Horizonte: CPRM/IBAMA, 1997. 71p..

BRASIL. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE. Mapa Brasil Climas. 2002. Mapa digital. Escala: 1:5.000.000 Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/> Acesso em: 14 de junho de 2005.

BRASIL. Serviço Geológico Nacional – CPRM. **Mapa Geológico Brasil**. 2001. Escala 1:2.500.000.

DOMINGUEZ, J.M.L. As coberturas plataformais do Proterozóico Médio e Superior. In: Barbosa, J.S.F. & Dominguez, J.M.L. **Mapa Geológico do Estado da Bahia – Texto Explicativo**. Superintendência de Geologia e Recursos Minerais, 1996, p. 105-142.

ESRI - Environmental Systems Research Institute. **Understanding GIS – The ARCINFO Method.** New York: John Wiley, 1993. 535p.

JESUS, E. F. R., FALK, F. H., RIBEIRO, L. P., MARQUES, T. M. **Caracterização geográfica e aspectos geológicos da Chapada Diamantina - Bahia**, Salvador: Centro Editorial e Didático da UFBA, 1985. 52p.

LAUREANO, F. V.; CRUZ JR, F. W. Grutas de Iraquara (Iraquara, Seabra e Palmeiras, Bahia). In: SCHOBBENHAUS, C.; CAMPOS, D. A.; QUEIROZ, E. T.; WINGE, M.; BERBERT-BORN, M. (Eds.) **Sítios Geológicos e Paleontológicos do Brasil**. 1999. Disponível em: <http://www.unb.br/ig/sigep/sitio018/sitio018.htm/>

MARK, D. M. Network models in geomorphology. In: ANDERSON, M. G. (Ed.). **Modelling in Geomorphological Systems**, John Wiley. 1988. p.73-97.

MISI, A. & VEIZER, J. Neoproterozoic carbonate sequences of the Una Group, Irecê Basin, Brazil: chemostratigraphy, age and correlations. **Precambrian Research**, 89:87-100, 1998.

MISI, A. O grupo Bambuí no Estado da Bahia. In: INDA H. A. V. (Ed.) **Geologia e Recursos Minerais do Estado da Bahia**. Textos Básicos. Salvador: SME/COM, 1979, v.1, p. 120-154.

MISI, A. Estratigrafia isotópica das seqüências do supergrupo São Francisco, coberturas neoproterozóicas do craton do São Francisco - idade e correlações. In: PINTO, C. P. & MARTINS-NETO, M. (Ed). **Bacia do São Francisco Geologia e Recursos Naturais**. Belo Horizonte: SBG-MG, 2001, p. 67-92.

SOUZA, S.L., BRITO, P.C.R, SILVA, R.W.S. **Estratigrafia, sedimentologia e recursos minerais da Formação Salitre na Bacia de Irecê, Bahia.** Companhia Baiana de Pesquisa Mineral, 1993, v.2, 24p. (Série Arquivos Abertos).

TARBOTON, D. G.; BRAS, R. L.; RODRIGUEZ-ITURBE, I. On the Extraction of Channel Networks from Digital Elevation Data. **Hydrologic Processes**, 5(1): 81-100, 1991.

TORQUATO, J. R. F. & MISI, A. Medidas isotópicas de carbono e oxigênio em carbonatos do Grupo Bambuí na região centro-norte do Estado da Bahia. **Revista Brasileira de Geociências**, 7(1):14-24, 1977.